RÉSISTANCE DES FLUIDES

VOL DES AVIONS ET DES OISEAUX. — HÉLICES ET MOULINS A VENT. — MANŒUVRE DES NAVIRES

NOTE DE L'ÉDITEUR

Les thèses scientifiques et la méthode pédagogique qui font l'originalité de ce Cours sont exposées, tant dans la préface que parfois aussi dans le corps du volume, avec une précision et une vigueur dont la vivacité de la forme et l'énergie d'affirmation peuvent heurter certains points de vue et certains modes d'enseigner habituellement admis. Mais il doit être compris dès le principe que ces discussions et ces critiques, à l'égard desquelles l'éditeur ne saurait prendre parti, ne visent en rien les personnes ni le principe des Institutions.

L'ESPRIT TAUPIN[1]

Ils croient que c'est arrivé!

La *Science éducatrice* est la marotte de nos modernes politiciens et pédagogues. Educatrice de quoi, ils seraient bien en peine de le dire; certainement pas de la volonté ni de la moralité, qui n'ont rien de commun avec la loi de Mariotte ou la résolution de l'équation du second degré.

La Science peut éduquer l'intelligence et développer le bon sens, mais à la condition qu'on dépouille l'esprit taupin, scolaire, primaire qui est la même tare avec des différences tenant à la nature des matières enseignées.

A force de le répéter, je voudrais inculquer dans l'esprit de mes contemporains que la Science n'est ni une religion ni par essence une matière à examen; si par la force des choses elle devient substance à concours, c'est toujours au détriment de l'intelligence et du bon sens, par l'intrusion de l'esprit taupin, scolaire, primaire. Le mal est, si l'on veut, nécessaire; encore faut-il le rendre le moins nuisible, au lieu d'exagérer ses effets comme on semble y prendre plaisir.

1. Au soir tombant, dans un jardin de Tlemcen, je devisais avec Ahmed ben Ali ben Mohamed, hadji, très vieux, sage assez pour ne se piquer d'aucun principe et vivre la vie comme elle vient. Je lui racontais ma façon de tuer le temps, et comment sans rien désirer, sans barrer la route à personne, j'avais obtenu ce résultat merveilleux d'être la bête noire d'une foule de gens qu'au surplus je prenais plaisir à exciter par des ksss, ksss,... méprisants.

— Tu as tort, me dit l'hadji; serais-tu le seul à ignorer le proverbe : les chiens aboient, la caravane passe?

— Mon cher ami, lui répondis-je, les caravanes ont autant de chiens que de chameaux, d'ânes, d'hommes, de femmes et d'enfants réunis; les chiens de village sont méchants, les chiens de caravane sont braves : la caravane est bien gardée; ce pourquoi peut-être elle passe. Du reste le proverbe arabe signifie qu'il faut négliger la clameur des envieux... ; il ne défend pas de leur jeter des pierres.

Nous aussi avons un proverbe : les passants ne remarquent les chiens que s'ils aboient, et l'on veut être remarqué. On aboie pour attester qu'on a charge de garder le trésor que personne ne veut ravir; l'aboiement est un *quos ego* que nulle foudre ne soutient, le *qui vive* d'une sentinelle démunie de cartouches. Sur le geste de ramasser un caillou, le chien qui aboie sans conviction, s'enfuit ou, très humble, remue la queue afin d'éviter le châtiment de son outrecuidance. Mais de rue en rue, de cour en cour, les chiens quittent l'os ou la charogne : ils aboient pour qu'on les remarque. Ne méritent-ils pas qu'on leur jette des pierres?

Ahmed ben Ali ben Mohamed, hadji, trempa ses lèvres dans son café pour cacher un sourire. Mais je vis luire ses yeux; il m'approuvait.

*
* *

L'esprit taupin est l'abus du raisonnement déductif; c'est la survivance de l'esprit scolastique dans un pays où les raisonneurs abondent. Cette tare se trouve naturellement chez les mathématiciens qui se nourrissent de syllogismes; malheureusement elle est endémique en France, elle devient l'*esprit scolaire, primaire* suivant la nature de l'enseignement; on la retrouve chez les politiciens; c'est une forme très générale de l'esprit de sottise.

On la rencontre presque toujours chez les philosophes et sociologues de nos facultés, qui remplissent supérieurement la définition du primaire.

Sa cause est qu'il est beaucoup plus facile de raisonner que de regarder. Comme des prémisses fausses une fois admises conduisent à des conséquences d'autant plus erronées qu'on s'écarte des postulats, on finit aisément par se vautrer dans l'absurde.

L'esprit taupin vient d'une méconnaissance de la constitution de la Science, de l'oubli de sa dualité essentielle : la *série logique* (la *forme,* ce qu'on déduit des principes), la *série expérimentale* (les *faits* qui se logent dans la forme quand elle est bien choisie). Et nous retrouvons, sous un autre aspect, ce qu'on doit toujours avoir présent à l'esprit pour que l'enseignement soit raisonnable, d'une part une construction *a priori* toujours vraie en soi, d'autre part l'emploi de cette construction, de ces casiers, *de ce sorite,* pour y loger les phénomènes.

L'esprit taupin est une maladie intellectuelle d'autant plus grave dans ses conséquences pratiques que les malheureux atteints par le fléau ont l'apparence de gens très forts et sont admirés par les imbéciles. Quand les déductions se vêtent d'un appareil imposant d'algorithmes, se décorent d'une algèbre savante, le gogo est plein de respect. Il se garde de trouver stupides des raisonnements dont il ne pénètre pas la vanité; il croit en or la statue de terre que recouvre une pellicule du précieux métal.

Alors même que la *forme* est exacte (à l'approximation consentie), qu'elle loge convenablement les *faits* (à la précision des expériences actuelles), l'esprit taupin, scolaire, primaire se décèle par la confusion des deux séries logique et expérimentale, par l'interversion de leur hiérarchie, par l'importance exagérée attribuée à la série logique. Le phénomène que j'analyse est si connu (bien que confusément) qu'on le stigmatise par cette phrase méprisante : « Ils croient que c'est arrivé. »

Ce qui n'est qu'une manière de parler, une explication verbale, devient pour le taupin LA RÉALITÉ. Le taupin vit dans un monde fictif obtenu par déduction; pour lui le monde réel n'existe pas.

Comble d'ironie, le taupin accable de son dédain le Moyen âge et la Scolastique! Il a plein la bouche de Bacon, de Descartes, de Comte qui le refuseraient pour disciple.

*
* *

Je vais développer quelques exemples que leur simplicité rend paradoxaux.

Raisonnons sur la *règle de trois*. Elle met en œuvre une *forme* dont la représentation géométrique est la droite, dont l'énoncé algébrique est la proportionnalité de la quantité y à la quantité x (fonction linéaire prise dans un cas particulier) :

$$y = ax.$$

Pour tracer cette droite, ce qui revient à calculer le paramètre a, *on réduit à l'unité;* on pose : $x = 1$, d'où : $y = a$.

Connaissant a, si l'on donne la valeur x_0 de x, ou y_0 de y, on tire respectivement y_0 ou x_0 : la règle de trois est résolue.

Tout cela est archiconnu, plutôt devrait l'être, car c'est un fait pitoyable que mes élèves pour le certificat de physique, surtout gavés de Spéciales, ne sont pas fichus de faire une règle de trois. On leur apprend tant et de si belles choses, qu'ils ignorent les simples et les fondamentales. En tout cas il n'existe pas deux manières de faire une règle de trois; Lagrange ne procédait pas autrement que l'instituteur de village.

Bref nous sommes en possession d'une *forme logique,* que nous pouvons nommer *linéaire* pour rappeler que sa représentation géométrique est une droite.

Passons aux applications, aux faits, à la série expérimentale.

Dans un cours quelconque d'arithmétique vous trouvez l'énoncé suivant.

Dix ouvriers font 25 mètres de toile en un certain temps; combien faut-il d'ouvriers pour en faire 30 dans le même temps?

Le taupin n'hésite pas. Appelons x le nombre d'ouvriers, y le nombre de mètres; réduisons à l'unité; nous obtenons la droite :

$$y = 2{,}5.x.$$

Faisons $y = 30$, il vient $x = 12$. Réponse : il faut 12 ouvriers.

Le premier moutard venu qui ne soit pas abruti par votre enseignement, dira que le problème est idiot et la solution stupide. En effet, de ce que 10 ouvriers font 25 mètres de toile, ne résulte ni qu'un ouvrier pris au hasard en fait 2,5 mètres, ni par conséquent que 12 ouvriers en font 30 mètres. Tous les ouvriers ne travaillent pas également vite; poser implicitement cette hypothèse, ce que le taupin fait sans hésiter, c'est appliquer une forme (vraie

en soi) à un phénomène complexe à laquelle elle ne correspond que conventionnellement et pour des nombres assez grands. La solution peut valoir pour 100 et 120 ouvriers, laisser à désirer pour 10 et 12, être grossièrement fausse pour 5 et 6.

Les hypothèses doivent être, non pas implicitement admises, mais explicitement énoncées; le taupin, esprit faux, n'y regarde pas de si près, parce qu'il est médusé par la *forme* et que les *faits* ne l'intéressent pas.

Quand un pâtissier achète des œufs au mille, il spécifie qu'en moyenne il y aura 15 œufs au kilo. Le poids des œufs pouvant varier de 50 à 75 grammes, on voit ce que lui coûterait l'hypothèse que les œufs sont interchangeables.

Si vous achetez des noix au quarteron, vous aurez le soin de regarder d'abord si les noix ont un volume respectable. Si même vous les achetez au kilo, il ne va pas de soi que le poids de la chair soit avec le poids du bois dans un rapport invariable et indépendant de la grosseur.

Exemple plus complexe. Sur une certaine route, 2 chevaux tirent avec une vitesse de 5 kilomètres à l'heure un camion pesant 2 tonnes; on demande combien de chevaux sont nécessaires pour tirer, à 10 kilomètres à l'heure, un camion pesant 10 tonnes; on suppose les chevaux interchangeables.

Le premier roulier venu dira que le problème est idiot, d'abord parce que 10 chevaux attelés au même camion (la vitesse restant la même) tirent beaucoup moins que cinq fois autant que 2 chevaux, ensuite parce que des chevaux capables de traîner 1 tonne à la vitesse de 5 kilomètres, sont incapables de tirer 500 kilos à la vitesse de 10 kilomètres, vitesse qui leur est interdite par leur poids et leur entraînement; *haut le pied* ils seraient essoufflés au bout de deux cents mètres.

Autre problème donné cent fois au bachot : une balle de plomb animée d'une grande vitesse s'aplatit contre une plaque d'acier; la température de fusion est T, celle de volatilisation est T′, les chaleurs de fusion et de volatilisation sont L et L′; calculer les vitesses v et v' telles que le plomb fonde ou se volatilise.

Le problème est stupide. De ce que la quantité d'énergie cinétique contenue par la balle à l'instant du choc *transformée en chaleur* suffit pour fondre le plomb, ne résulte pas que le plomb fondra; à preuve qu'il ne fond pas (expériences de Melsens). Ensuite, même à supposer qu'il fonde, le phénomène se transformerait de manière à rendre impossible la volatilisation.

Tout le monde admet qu'une certaine énergie cinétique vaut un certain nombre de calories. Mais une équivalence numérique n'a pas pour conséquence nécessaire un mode de transformation imposé à l'avance de l'une de ces quantités dans l'autre; l'inventeur de ce problème était sot parce que, *sans y aller voir,* il posait que la conséquence nécessaire d'une certaine vitesse est la fusion

du plomb; il fallait être malade pour ajouter à cette hypothèse gratuite la volatilisation ultérieure.

Le taupin fait de l'algèbre; tout pour lui se réduit à $a+b=c$. Les ouvriers travaillent également vite; les chevaux tirent également fort; il existe une fonction $P=f(v)$, qui relie le poids du camion à sa vitesse. Le taupin met en équation la chute des cheveux et le blanchissement des poils de la barbe; il détermine la probabilité d'avoir des cors aux pieds ou d'attraper le rhume de cerveau. Il construit des systèmes élucidant à la fois l'énigme de la liberté humaine, le déterminisme de l'univers et la constitution de l'atome. *Il croit que c'est arrivé.*

* * *

On voit en quel sens l'esprit taupin, scolaire, primaire consiste en l'abus du raisonnement déductif, dans la suppression des conditions expérimentales qui limitent l'emploi de ce raisonnement : le taupin a l'esprit faux.

Tout problème, pour humble qu'il soit, peut être éducateur ou abrutissant suivant la manière de le résoudre, alors même que la mécanique de la solution ne change pas. Une règle de trois se fait toujours de même; elle n'est ni primaire, ni secondaire, ni supérieure; mais elle peut être appliquée par un imbécile ou par un homme intelligent. Il n'existe pas deux sortes d'enseignements, l'un de culture, l'autre de contremaître; il existe un enseignement éducatif que peut donner un instituteur, un enseignement déformant que peut infliger un agrégé. *A priori* je ne vois pas que l'instituteur soit nécessairement stupide, que l'agrégé ait toujours le sens commun. Les bagages soi-disant scientifiques qu'on exige de l'un et de l'autre sont différents; mais on peut savoir bien peu de chose, mal beaucoup de choses. En tout cas la condition essentielle de formation d'un bon professeur secondaire n'est pas d'entasser dans sa tête une foule de connaissances qui n'ont rien de commun avec la matière de son enseignement et dont la digestion exige une intelligence qu'on ne peut espérer chez dix mille individus.

Parler de la mentalité primaire ne veut pas dire que l'enseignement primaire est nécessairement mauvais; j'emploie le mot dans son sens usuel péjoratif, malheureusement justifié par trop d'exemples : vous n'espérez pas rencontrer dans un pays cent mille hommes ou femmes intelligents.

L'esprit taupin, scolaire, primaire, n'étant qu'une maladie de l'intelligence, peut appartenir à un savant très fort dans sa spécialité.

*
* *

Dans sa confiance pour le raisonnement déductif, le taupin en arrive à supprimer la série expérimentale, à ne retenir que la série logique, que la *forme*. Montrons ce qui résulte de là pour l'abrutissement des élèves : le bachot, hélas! permet de collectionner les exemples.

Tout le monde connaît les services que la chimie doit à sa notation; on s'efforce de représenter les propriétés générales des corps par leurs formules, formules évidemment schématiques et conventionnelles. Un corps agit de telle manière sur les acides ou les bases; *si les analogies sont exactes*, il est vraisemblable, par exemple, que dans la formule d'un corps qui jouit des propriétés générales de l'alcool ordinaire, une partie des éléments indiqués par l'analyse pondérale peut se grouper de la même manière que dans l'alcool ordinaire (groupe fonctionnel); les formules seront bien choisies s'il en est ainsi.

Introduisons l'esprit taupin : la glycérine a telle formule, *donc* elle a telles propriétés : c'est un trialcool. Le renversement des termes du problème fait une ineptie de quelque chose de très intelligent.

Quand un corps donne des produits d'addition, on s'efforce de construire sa formule de manière que des liaisons restent libres, des bras inoccupés. Introduisons l'esprit taupin : la benzine, l'acétylène ont telles formules, *donc* ils donnent des produits d'addition.

Les symboles, représentation conventionnelle et mnémonique des faits observés (comme toutes les théories du reste), deviennent pour le taupin en herbe la cause des phénomènes. D'où une chimie où ne subsiste qu'un petit jeu de formules, d'où les réactions disparaissent, réactions d'allures cependant très variables malgré les analogies que rappelle un symbolisme nécessairement imparfait.

Autre exemple. La décomposition électrolytique d'un sel consiste en une séparation du métal et du *reste;* conventionnellement on dit que le métal se déplace dans le sens du courant, le *reste* en sens inverse. Cette notion date de Berzélius.

Pour des raisons indiquées depuis longtemps par Clausius, on admet que le sel est décomposé, dissocié dans la solution, dès avant le passage du courant; les morceaux s'appellent des *ions*.

Au bachot demandez au candidat la loi de Faraday appliquée à la solution de sulfate de cuivre. Il se gardera bien de dire que du cuivre apparaît sur la plaque de cuivre par où conventionnellement sort le courant, et que la plaque de cuivre par où conventionnellement il entre, reforme du sulfate de cuivre. Comme c'est

un taupin avant la lettre, il répondra que l'ion cuivre va sur la catode, l'ion acide sur l'anode. La représentation schématique se substitue au fait, l'explication théorique passe avant la description du phénomène. Ce qui est d'autant plus stupide que nous admettons l'impossibilité d'isoler ces fameux ions : vous ne trouverez pas d'ions cuivre chez les marchands, même en les payant au poids de l'or.

Qu'après la description du phénomène, le candidat dise qu'on en obtient une représentation facile à retenir et permettant des rapprochements intéressants, par l'hypothèse que dès avant le passage du courant le sulfate de cuivre est dissocié, que les groupes ainsi obtenus sont appelés *ions*, etc., etc.; rien de mieux.

Les sels de fer se classent en deux groupes; pour représenter commodément leur constitution, naturellement hypothétique, au même symbole *Fe* on donne suivant les cas les noms de *ferrosum* et de *ferricum*. Un professeur d'école primaire supérieure commençait la leçon sur le fer en disant : « Le fer se présente sous deux états : le ferrosum et le ferricum. »

Et ça continue en taupe!

Je suis un des rares Français qui ont lu les mémoires célèbres de Lagrange et de Gauss sur la théorie élémentaire des instruments d'optique; elle revient à l'étude d'une transformation homographique. Pour nos bons taupins l'Optique Géométrique est, non plus l'étude des images données par une lentille ou par un système de lentilles, mais l'étude de la transformation homographique : les phénomènes disparaissent sous une *forme* intéressante en soi, mais de première et relativement grossière approximation *physique*. L'image d'un point est alors un point, non plus la portion voisine de la pointe d'une surface caustique pointue; la notion que l'image ponctuelle est une limite, notion familière à Huyghens (1653), disparaît sous l'abstraction d'une correspondance géométrique point par point.

Pour augmenter le gâchis, on expose ensuite à nos bons taupins les propriétés éminentes de la relation des sinus, alors que la transformation homographique fournit une relation des tangentes!

Résultat de ces belles méthodes : au mois de juillet 1927 nous avons refusé au certificat de licence un brave garçon, boursier de licence, quatre ans de spéciales dans un lycée de Paris, mais incapable d'obtenir un spectre pur. Or le problème est résolu et bien résolu dans l'*Optique* de Newton (les expériences datent de 1672; la première édition anglaise est de 1704).

*
* *

Tels sont les symptômes de la maladie intellectuelle que nous étudions, le *taupinisme*, abus du raisonnement déductif. Tantôt

le taupin, professeur ou élève, construit au hasard une forme sans se soucier des phénomènes, tantôt il développe et généralise une forme sans s'inquiéter des approximations consenties au début, tantôt dans l'exposé des phénomènes il supprime la série expérimentale pour ne retenir que la série logique.

La maladie dérive du principe du moindre effort; de la facilité du raisonnement déductif, de la complexité des phénomènes, de la tendance à remplacer l'étude des faits par une construction *a priori.*

Evidemment cette maladie est inconciliable avec la connaissance approfondie des phénomènes. On croit malaisément que nos théories imparfaites les représentent quand on en connaît le détail; mais si l'on admet que *c'est arrivé,* si l'on élague tout ce qui ne colle pas, on a l'inestimable avantage d'une sécurité, d'une assurance, partant d'une bouffissure qui sont caractéristiques du taupin.

Simplifiant à tour de bras, le taupin généralise sans scrupule. Alors que nous ignorons jusqu'à l'allure des phénomènes les plus vulgaires, que par exemple nous n'expliquons pas comment claque le fouet du roulier, il ne paraît pas extravagant au taupin de construire une théorie qui comprenne le passé, le présent, le futur, le visible, l'invisible, le cornet à pistons et les taches solaires, Sirius et les volcans, le nez de Cléopâtre et les chaleurs de dilution. Il appelle ce beau travail une *synthèse.*

Le taupin fait des apophtegmes. Demandez-lui ce qu'est la Science, il n'hésite pas : « La Science explique le complexe invisible par le simple visible. » Formule admirable, puisque vous pouvez, sans risque de vous tromper, faire toutes les combinaisons possibles des mots *simple, complexe, visible, invisible;* vous obtenez une série de sentences qui ont toutes un sens très profond : elles sont aussi sottes les unes que les autres. Le taupin est l'homme des manuels, des vulgarisations au rabais, des collections scientifico-philosophiques. En cinq secs il fait le tour des questions les plus difficiles. Il apporte généreusement sa pierre à l'édifice, comme qui plaisante. Il ignore ce qu'est un violon : qu'à cela ne tienne, il invente une table de plus grande résistance, un chevalet perfectionné. Ne sachant rien, il ne doute de rien.

Toute sa vie le taupin reste un enfant : il tranche, il dogmatise. D'un objet il ne voit jamais qu'un aspect, le plus étroit, le plus variable : il photographie, et sa photo devient pour lui l'Objet. Que les Pyramides soient roses le matin, noires au soleil couchant, peu lui chaut : il les a vues entre 10 heures 40 et 10 h. 45; pour lui le soleil est d'azimut invariable!

Le taupin est l'homme des cours que jadis il apprit par cœur. Il connaît la Science comme le potache connaît ses auteurs, par des morceaux choisis. La Science pour lui est un recueil de colles d'examens, de *gigons* adaptés à la sottise d'un examinateur

choisi parmi des taupins. Avec ce viatique il compte révolutionner l'industrie, perfectionner les méthodes de fabrication, devenir le roi des aciers ou des engrais artificiels.

Ce n'est pas malin : on écrit $a+b=c$; et si cela ne suffit pas, qui empêche d'ajouter la nouvelle équation $d+e=f$?

Est-ce encore insuffisant? on compte les *facteurs!*

Le taupin ne lit jamais. Pourquoi perdre son temps à compulser des mémoires; n'a-t-il pas la Somme dans ses cours autographiés? A la soudure autogène il obtient un cylindre devant résister à la pression de 700 kilos : le cylindre saute. Le taupin regarde son cours, il ne trouve pas d'explication à sa déconvenue. On a oublié de lui dire que la flamme peut être réductrice ou oxydante, et qu'une flamme oxydante agissant sur l'acier donne du fer.

Comme le taupin, qui n'a cure des progrès de la technique, s'imagine que les théories représentent la réalité, *que c'est arrivé,* il croit la science bouleversée par une théorie nouvelle, c'est-à-dire par un changement de langage. Le taupin veut être du dernier bateau; rien n'est plaisant comme son mépris pour le bateau d'hier; Newton est un petit garçon, Fresnel un apprenti : au reste, pour ne pas en avoir le démenti, de Fresnel et de Newton il ne connaît pas une page. Mais de confiance il admire les farceurs dont la science est encombrée.

Malgré sa suffisance, le taupin craint l'isolement; il éprouve le besoin de serrer les coudes; d'où les syndicats de taupins qui s'admirent : *asinus asinum fricat.* Et l'on voit avec effarement cet homme qui construit et démolit la Science en un tournemain, avoir plus que quiconque le sentiment de la hiérarchie, le besoin du respect. Il admire pour être admiré, il incline sa personne falote pour qu'on s'incline devant lui, il ne critique pas de peur de la critique : à son avis le hiérarchique *en activité* est superbe. Qu'on lui fende l'oreille, instantanément il passe à l'état de baderne; si par hasard son indépendance l'a mis mal en cour, le taupin n'attend pas sa retraite : en le dénigrant il essaie de donner le change sur sa platitude; d'où la bienveillance des pontifes qui reconnaissent en lui leur progéniture intellectuelle et morale.

D'un imbécile on tire facilement un pleutre.

*
* *

Quand on se plaint de notre enseignement, tout le monde entonne le refrain : « C'est la faute aux programmes! Changeons les programmes! » On les change; naturellement les choses demeurent *in statu quo ante.*

Dans l'enseignement qui doit former le futur savant, le futur ingénieur, les programmes importent peu : tout dépend de la manière de les appliquer. Vous devez seulement exiger d'un programme de contenir *explicitement* tout ce qui est indispensable à l'étude de ce qu'il vous plaît d'y mettre. N'imitez pas celui du bachot qui donne le droit d'interroger sur les dérivés chlorés de la benzine, mais non sur les propriétés du chlore. Si l'on doit connaître le principe de l'équivalence, inscrivez dans vos programmes l'énergie interne, puisque les deux notions sont inséparables. Si l'examinateur peut demander comment se détermine le moment magnétique d'un aimant, ne supprimez pas le pendule de votre programme.

Ce sont là des évidences de sens commun qu'il serait inutile de rappeler si les programmes du bachot ou de l'Ecole Polytechnique ne les oubliaient pas. A la seule condition que le programme soit cohérent au sens ci-dessus défini, peu importe le choix des connaissances exigées : vous éduquerez aussi bien votre élève avec la mécanique ou l'optique *pourvu que vous évitiez le taupinisme.*

Or en vertu du principe du moindre effort, rien n'est plus difficile quand l'avancement ou la notoriété du professeur dépendent du succès de ses élèves à un examen ou à un concours. C'est pourquoi le taupinisme prend sa forme aiguë dans les classes de Spéciales en raison de la nature de l'examen d'entrée à l'Ecole Polytechnique. De la physique et de la chimie les phénomènes disparaissent devant les théories, plus faciles à apprendre parce que plus abstraites, permettant de récolter une bonne note sans avoir jamais fait une expérience ou regardé le phénomène. Inutile d'ajouter que ces théories ne sont faciles qu'en apparence : si l'examinateur ne dort pas, il discerne aisément qu'elles ne reposent sur rien dans l'esprit du candidat. Ce sont paroles dégelées.

Ce que deviennent les théories de la Chimie pour les candidats au bachot, un exemple le montrera. En juillet 1927 j'ai dû corriger des copies de chimie; une vingtaine de candidats sur 60 avaient choisi la benzine. Avec une unanimité touchante ils attribuaient à la benzine *liquide* la densité 78 : 29; la benzine *liquide* pesait 3 fois environ plus que l'eau *liquide* à volume égal ! D'où sort le nombre 29 (poids moléculaire conventionnel de l'air), d'où sort le rapport 78 : 29, inutile évidemment de le leur demander.

Je dis au professeur de lycée : « Pourquoi tant d'ions dans vos cours ? pourquoi la galvanoplastie réduite au schème que vous savez ? — Que voulez-vous, Monsieur, les élèves comprennent bien mieux ! »

Devant les professeurs d'une école primaire supérieure, un inspecteur faisait une conférence : « La Science démontre que les électrons ont pour vitesse limite *inférieure* celle de la lumière. » Evidemment ce brave homme comprenait bien mieux !

Ouvrez un ouvrage à l'usage de ces écoles; vous toucherez du doigt ce que deviennent les théories en passant par la cervelle de gens incapables d'en suivre la filiation.

Sunt verba et voces, praetereaque nihil.

*
* *

On cherche à combattre le taupinisme par des manipulations : le remède est inefficace contre un enseignement taupin. Telles du reste qu'elles existent dans nos lycées, de l'aveu des professeurs eux-mêmes, les manipulations ne servent à rien.

Pour qu'elles soient profitables, plusieurs conditions sont nécessaires : une bonne installation matérielle, beaucoup de temps, le désir de l'élève d'en profiter, ce qui suppose qu'il en comprend l'importance. Or je sais par expérience que, même pour la licence, il est difficile de persuader les étudiants qu'elles ne sont pas du temps perdu. Généralement mes élèves suivent les manipulations pendant deux ans, huit heures par semaine; la seconde année seulement, parfois à la fin de la première, il y prennent goût et les considèrent comme un amusement instructif. A la vérité ils sont impitoyablement refusés si leur manipulation d'examen est mal faite; ils le savent et le tiennent pour dit. Ce mépris des manipulations, qu'il est si difficile de vaincre, vient de l'éducation qu'ils ont reçue; ayant taupinisé pendant dix ans, c'est le diable pour changer leurs habitudes intellectuelles; j'aimerais mieux qu'on leur eût épargné les sciences expérimentales que de les enseigner à la manière officielle.

Cette déformation continue à l'Ecole Polytechnique. Voici ce que m'écrit un ancien élève afin de me démontrer que je suis injuste pour cette Ecole; je ne change pas un mot de cet étrange plaidoyer *pro domo :* « A l'Ecole Polytechnique un élève peut, s'il le veut, faire de bonnes manipulations, il peut même se faire accepter dans le laboratoire d'un professeur. Mais tous n'ont pas le courage de faire ainsi les francs-tireurs, sans profit immédiat. Pour moi, par exemple, je n'avais pas trop de tout mon temps pour apprendre les cours de façon à sortir ingénieur de l'Etat. Je n'ai pas voulu compromettre ma carrière en m'attardant à des manipulations au coefficient négligeable. Plus tard, une fois dans... j'ai fait mes manipulations à la Sorbonne. »

Cotez-moi ces études scientifiques qui consistent, en l'an de grâce 1971 à réciter des cours, quitte à remettre leur compréhension à l'an de grâce 1973 !

Du plaidoyer pour l'Ecole Polytechnique et les écoles d'application qui la complètent, je tire encore la citation suivante, qui pose la question des *projets* connexe de celle des manipulations.

« Dans les Ecoles d'application certains cours descriptifs pourraient être réduits au profit de projets, de manipulations et d'un certain temps laissé à la réflexion. Beaucoup de volumes qu'on apprend aujourd'hui devraient servir seulement de dictionnaires utiles à consulter plus tard ou à l'occasion d'un projet. »

Mon correspondant abonde dans mon sens. Voilà vingt ans que je le répète : n'entassez pas des connaissances que la capacité réduite du cerveau refuse de conserver. Limitez ce qu'il faut retenir à l'essentiel, sachez-le bien : vous trouverez dans les livres ce qui peut vous être utile; vous l'apprendrez aisément parce que vous n'hésiterez pas sur les phénomènes. Avant de disserter sur les ponts tubulaires, regardez une cisaille et apprenez ce qu'est un *effort tranchant*. Un ingénieur des ponts m'avouait n'avoir compris ce qu'est un effort tranchant qu'après sa sortie de l'Ecole, à la lecture de mon Cours d'Elasticité.

Mais voici où je cesse d'être d'accord avec mon honorable correspondant. Il convient qu'on n'est pas ingénieur à 24 ans, tout frais émoulu d'une école : dans ces conditions le « projet » n'est qu'un ultime exercice de taupin, à moins qu'il ne se restreigne à décrire une installation existante, une machine réalisée.

En effet une machine fonctionne convenablement dans certaines conditions; si le projet consiste à calculer une machine pour d'autres conditions, il faut admettre certaines lois de similitude permettant de passer des premières aux secondes. Nous revenons au raisonnement déductif caractéristique du taupin; il conduit aux pires déboires. Si l'extrapolation joue dans d'étroites limites, la machine est réalisée; vous en trouverez la description dans la littérature scientifique. Si l'extrapolation s'écarte beaucoup des conditions ordinaires, votre projet n'est qu'un jeu de formules, la machine que vous *inventez*, n'a pas chance de fonctionner.

*
* *

Le taupinisme joue les plus mauvais tours au savant de laboratoire comme à l'ingénieur. Quand on quitte les théories générales pour étudier les phénomènes, construire des ponts ou fabriquer de l'acier, la première condition de réussite est l'humilité devant les faits.

La réalité se moque de nos prévisions; on regarde les phénomènes, il est imprudent de les imaginer. Rien de plus légitime que de prendre les analogies pour guides, à la condition d'imiter les officiers en temps de guerre, de placer le guide entre deux soldats, armes chargées, qui l'expédient à la première tentative de trahison.

A l'École Normale, un professeur eut un jour la fantaisie de nous proposer comme problème : étudier un dispositif à votre choix pour déterminer l'ohm en valeur absolue ; ce brave homme, en toute son existence, n'a pas fait une expérience qui eût le sens commun.

Pendant la Guerre, un de mes élèves était dans une poudrerie comme physicien. On lui demandait comment il étudierait tel ou tel phénomène ; il indiquait une méthode. « C'est bien, répondait-on ; faites un croquis, envoyez-le aux dessinateurs, qui l'enverront à l'atelier d'exécution. » Mon élève en restait interloqué, n'ignorant pas qu'il faut essayer d'abord avec des moyens de fortune, les choses ne se passant autant dire jamais comme on le prévoit. Quand on a fini de tâtonner, généralement on sait ce qu'on veut ; inutile de déranger le dessinateur et le mécanicien. Seul le taupin peut espérer que les analogies, c'est-à-dire encore et toujours le raisonnement déductif, permettront de conclure d'un phénomène à un autre, par suite de disposer les expériences comme il convient.

Quand on me demande si tel dispositif fonctionnera, comme grâce à Dieu je ne suis pas ingénieur conseil, si le dispositif ne présente pas quelque vice théorique rédhibitoire, je réponds : Essayez, vous verrez ce qui arrivera. Par l'usage, je connais trop la malice des phénomènes pour prétendre jouer le rôle de prophète.

En quoi j'imite tous les bons physiciens depuis que l'espèce existe.

C'est en un sens très heureux que le raisonnement soit incapable de tout prévoir, puisque le résultat contraire à ce qu'on espérait devient parfois l'origine d'une découverte intéressante.

*
* *

Revenons sur les manipulations.

Une erreur commune consiste à dire : j'éduque de futurs ingénieurs, donc ils étudieront des appareils industriels, des machines usuelles. C'est se méprendre sur ce qu'on peut attendre des manipulations pour l'éducation scientifique, la même pour les futurs professeurs, savants de laboratoire ou techniciens. La manipulation sera d'autant meilleure qu'elle réalisera un cas plus aisément calculable, plus voisin des lois fondamentales, de leurs énoncés les plus simples, parce qu'elle montrera la concordance de la série logique et de la série expérimentale.

Sur l'axe d'une roue de bicyclette bien mobile, installez un tambour sur lequel s'enroule une corde qui supporte un poids. Déterminez la loi du mouvement angulaire de la roue, linéaire du poids : votre élève acquerra la notion de moment d'inertie.

A votre roue fixez une masse excentrée; déterminez la loi du mouvement : votre élève comprendra la théorie du volant.

Sur un pendule de bois envoyez une balle de carabine (pendule balistique) : votre élève saura ce qu'est une impulsion. Par surcroît, la théorie du galvanomètre balistique lui deviendra claire. Remplacez le pendule par un petit bateau flottant sur l'huile : vous réalisez un fluxmètre dans les conditions les plus simples.

Par Zeus, lisez les mémoires des grands physiciens : les méthodes que je conseille sont les leurs; on procédait ainsi avant l'ère actuelle de sottise et de taupinisme!

Sauf par un détail technique *qu'on n'apprend pas dans les écoles,* en quoi diffère une dynamo de 1000 kilowatts d'une machine de 3 kilogrammètres? les manipulations ne peuvent enseigner la technique. Avant de construire un pont tubulaire, regardez comment se déforme une verge encastrée à laquelle vous suspendez un poids, regardez-la vibrer; calculez son module d'Young. J'admets que cela ne vous servira de rien pour compulser vos aide-mémoire, mais je traite de l'éducation scientifique, non du moyen le plus rapide d'exécuter des calculs à partir de formules dont on ignore la raison d'être.

Certes on peut concevoir l'enseignement technique d'une autre manière.

Je me suis laissé dire qu'en Amérique certains grands syndicats ont créé des écoles où se trouvent tous les appareils, toutes les machines *utilisés par le syndicat.* On exige que les étudiants les connaissent pièce à pièce et puissent en assurer le fonctionnement.

La méthode américaine est excellente pour le but proposé : ils savent ce qu'ils veulent et conforment les moyens à la fin. Si vous désirez des contremaîtres spécialisés, fabriquez des contremaîtres en série; mais ne fabriquez pas des taupins qui dissertent sur les équations de Lagrange ou d'Hamilton et se blousent sur les lois expérimentales les plus simples de la Mécanique. Pour connaître ces lois, la machine d'Atwood est d'un merveilleux secours.

Vous calculez un cuirassé comme qui plaisante, mais vous n'avez jamais fait l'expérience qui consiste à mettre sur l'eau une petite caisse de bois verni, puis à la remplir plus ou moins de liquides divers, eau, huile, mercure.

Il y a quelques années, pour curer le canal du Midi à 500 mètres du lieu où j'habite, l'ingénieur des ponts construisit une cuve de bois rectangulaire plate qu'il voulut remplir de vase. Naturellement la vase, plus dense que l'eau, se porta sur un bord et fit chavirer la caisse, au grand ahurissement du savant ingénieur : il n'avait pas la notion *expérimentale* des métacentres pour la charge liquide. Il aurait pu regarder dans un livre ce qui se passe; mais, en bon taupin, il croyait tout savoir.

*
* *

Un des plus graves défauts du taupin, et le plus explicable, est son ignorance des ordres de grandeur. Schématisant à outrance, ne conservant de la série logique que ce qui permet des déductions mathématiques faciles, se préoccupant peu des postulats et de leur précision très limitée, les nombres lui paraissent d'importance négligeable.

A nos candidats au bachot on apprend que les petites oscillations d'un pendule ordinaire sont isochrones; quelques imbéciles ajoutent : jusqu'à 3 ou 5°.

Or la période des oscillations n'est *jamais* indépendante de l'amplitude, de même qu'une tangente n'est *jamais* à une distance nulle de la courbe, hors le point de tangence.

Le phénomène se réduit à ceci. Soit θ_0 l'amplitude, T la période; pour θ_0 petit, on a sensiblement :

$$T = T_0(1 + a\theta_0^2); \qquad (1)$$

la courbe θ_0 en abscisses, T en ordonnée, est normale à l'axe des T pour $\theta = 0$. Un calcul facile donne :

$$T = T_0\left(1 + \frac{\theta_0^2}{16}\right), \qquad \theta_0 \text{ en radian.}$$

Faisons $\theta_0 = 3° = 0{,}0526$ radian, $\theta_0^2 : 16 = 171$ millionièmes.

Il y a 86400 secondes en un jour; on voit aisément que, par rapport au pendule idéal dont l'amplitude est infiniment petite, le pendule dont l'amplitude est de 3° retarde de 14,80 secondes par jour; le pendule dont l'amplitude est de 5°, retarde de 41,15 secondes par jour, 2 : 3 de minute. Que penser de cet isochronisme pour un instrument *qui par nature totalise les erreurs?*

Le taupin s'inquiète peu de ces divergences; il a remplacé $\sin\theta$ par θ, puis intégré : sa conscience est tranquille. Le professeur intelligent énonce la loi correcte (1), puis explique à ses élèves que les pendules astronomiques peuvent garder l'heure à 0,1 seconde près par jour, *parce qu'on s'efforce de maintenir* θ_0 *invariable.* Bien que l'isochronisme n'existe *jamais,* comme dans la formule (1) θ_0 entre au carré, une petite variation de θ_0 donne une variation très petite de T. En effet l'on a :

$$\frac{\Delta T}{T_0} = \frac{\theta_0^2}{8}\frac{\Delta\theta_0}{\theta_0}.$$

Pour $\theta_0 = 3° = 0{,}0526$, et pour $\Delta\theta_0 : \theta_0 = 1 : 100$, la variation relative de la période n'est que de $0{,}00276 : 800 = 3{,}4.\ 10^{-6}$.

Nous retrouvons l'ordre de grandeur expérimental.

On répète aux professeurs : donnez des idées justes sur les ordres de grandeur. Puis dans un problème du bachot je lis : « On sait que par pression atmosphérique normale, on entend la pression équilibrée par une colonne de 76 cm. de hauteur de mercure à 0°, en un lieu où la valeur du champ de la gravité est égale à 980,665. »

Malheureusement, quand on met six chiffres à un nombre, il faudrait respecter les définitions élémentaires : or 981 est non pas l'accélération de la *gravité,* mais celle de la *pesanteur.* La gravitation c'est l'attraction newtonienne; la pesanteur est la résultante de cette attraction et de la force fictive axifuge.

Et puisque je parle de pressions et d'ordre de grandeur, je signalerai l'ineffable sottise de notre Office national météorologique qui donne les pressions en mégabaryes. Ces idiots se croient bien malins en devenant incompréhensibles. Vous saurez pour votre gouverne que l'atmosphère vaut 1·013·260 baryes et que la mégabarye correspond à une colonne de mercure de 75,065 cm. à 0° et au *g* normal.

Ces messieurs auraient mieux fait de fournir des renseignements moins erronés à Neussinger et Coli!

*
* . *

L'esprit taupin introduit une précision nominale incompatible avec la nature de la question traitée.

Dans une brochure officielle du ministère de la Guerre je trouve une figure de parachute; le diamètre de la circonférence de base est long de 10,2148 mètres. Pour une étoffe naturellement extensible, que signifient les 148 dixièmes de millimètre qui terminent ce nombre? 10,20 mètres dépasse la précision raisonnable.

On me racontait l'anecdote suivante (je pourrais mettre des noms, vous n'en doutez pas). Un établissement officiel commandait des machines dont le rendement devait être 99 °/₀. Le chiffre allait passer quand un des ingénieurs demanda de quels appareils on comptait se servir pour déterminer le rendement.

Car il ne suffit pas d'inscrire un nombre dans un cahier des charges; il faut encore que les méthodes de mesure aient la précision correspondante.

Autre exemple. Pendant la guerre on s'aperçoit au ministère que dans une poudrerie il est entré 100 tonnes de produits et qu'il n'en est sorti que 99; pour un peu on aurait accusé l'ingénieur d'avoir soustrait une tonne d'explosif. L'ingénieur, professeur de faculté, fit observer que, pesant avec une bascule, il fallait s'étonner, non de la discordance, mais d'une concordance qui, vu la précision de l'appareil de mesure, était inespérée. Le ministère crut prudent de rester coi.

Mais j'entre dans une question qui m'a valu des reproches

amers : les cahiers des charges des administrations publiques. On m'accuse de dire que les ingénieurs dilapident les fonds publics en favorisant tels ou tels constructeurs aux dépens de tels ou tels autres. On m'assure que les conditions de réceptions très rigoureuses sont appliquées avec sévérité.

Le seul point en litige est qu'elles soient intelligentes et appliquées intelligemment.

Précisons. Vous commandez des parachutes; vous posez que le diamètre optimum de base sera 10,2148 mètres. Avez-vous la prétention de refuser un parachute de 10,25 m. ou de 10,15 m.? Si oui, vous êtes absurde; 5 cm. sur 1020 fait une erreur de 1/200; suivant l'état hygrométrique le jour de la réception, le diamètre peut varier de beaucoup plus.

L'erreur 1 : 200 sur le diamètre fait en gros l'erreur 1 : 100 sur la surface, par suite, *pour un poids suspendu donné,* l'erreur 1 : 200 sur la vitesse limite. Or le poids du monsieur suspendu peut être de 50 ou de 70 kilos suivant qu'il est maigre ou gras.

Toutes choses égales d'ailleurs, de ce chef la vitesse limite varie de 7,1 à 8,4.

D'une part, vous chipotez sur une variation de 1 : 200 de la vitesse limite; d'autre part, en raison de la nature du problème, elle varie de plus d'un huitième suivant les circontances.

Quel intérêt trouvez-vous à ce que le diamètre soit de 10,10 mètres ou de 10,30 mètres, puisque au surplus, en raison de l'extensibilité de l'étoffe, rien n'est plus incertain que la mesure de sa longueur?

Accordez une tolérance aussi large que possible, avec la condition que le diamètre moyen *du lot* reste supérieur à une certaine limite (pour éviter que systématiquement on ne vous chipe de l'étoffe); *mais laissez vos décimales qui sont ridicules.* Et si tous les diamètres sont un peu plus grands, remerciez le fournisseur au lieu de refuser sa marchandise; vous en avez pour plus que votre argent.

Comment concilier cette sévérité des cahiers des charges avec ce que me disait un ingénieur des ponts? Comme je m'étonnais que pour la fourniture de tracteurs électriques on n'eût pas spécifié de garanties, il me répondit naïvement : « Si l'on veut des garanties, il faut s'adresser en Allemagne! »

Comment expliquer que tout ce que fabrique l'État ait un prix de revient incomparablement plus élevé que ce que fournit l'industrie, au point que nous aurions bénéfice dans l'achat à l'étranger de notre tabac et de nos allumettes?

Ces fameux cahiers des charges si sévères jusqu'à l'inintelligence ne s'appliqueraient-ils qu'à l'industrie privée et fléchiraient-ils pour les produits fabriqués par l'Etat?

J'imagine que l'industrie privée n'oserait pas fournir les allumettes que l'Etat nous impose à des prix exorbitants et qui pourraient servir d'ignifuge.

Quand on m'accuse d'injustice, on oublie que nous possédons à Toulouse une fabrique de sulfate d'ammoniaque qui a dépensé plus de 100 millions avant de mettre en vente une tonne d'engrais; nous avons les brevets allemands, moins la manière de s'en servir. Toulouse fait des gorges chaudes de notre fabrication nationale; pour en parler je n'ai qu'à ouvrir l'oreille; pour me clouer le bec, il suffit de publier les comptes.

Je n'amuse pas mon lecteur avec tout ce que je sais de sources sûres, pour ne pas irriter les officiels contre des industriels qu'il serait facile de reconnaître.

*
* *

Le taupin ayant admis un système d'explication et croyant que *c'est arrivé*, ne redoute pas qu'on modifie ses schèmes. Il est donc inutile de se tenir au courant; à quoi bon lire, puisqu'il possède la vérité définitive, *ne varietur?* Corollaire : dans une administration de l'Etat vous ne trouverez jamais une bibliothèque recevant les périodiques étrangers. Celui qui les consulterait serait taxé de fainéantise. Au reste, qui donc aurait l'audace d'introduire des perfectionnements quand ces messieurs les jugent inutiles?

Et pourquoi se tracasser quand la princesse paye le bouillon?

Dans un de mes livres je signale une erreur grossière de Bertin, ancien directeur des construction navales. A ce propos voici ce que m'écrit un ingénieur du génie maritime : « Je doute que beaucoup d'ingénieurs aient lu attentivement les mémoires en question. Si par hasard un de mes camarades s'est aperçu de l'erreur commise, il a jugé inutile d'en parler à l'auteur, et quant aux lecteurs, il n'en a peut-être jamais rencontré. M. Bertin n'a pas laissé de mauvais souvenirs; il avait une longue expérience des constructions navales. Ce n'était ni un savant impeccable, ni un ingénieur ignare. »

Vous saurez dorénavant quel jugement porter sur les mémoires *techniques* de nos directeurs des constructions navales; ce texte inspire une confiance illimitée en nos gros fonctionnaires. Les Anglais ne traitent pas avec cette désinvolture leurs ingénieurs des constructions navales, et m'est avis que les mémoires de Froude sont autrement intéressants que ceux de Bertin. Si nos ingénieurs méprisent à ce degré les mémoires de leurs chefs, où trouvent-ils leur pâture intellectuelle? et si les chefs méritent ce mépris, que valent leurs subordonnés? Que la valeur soit en raison inverse du rang dans la hiérarchie, expliquerait ce mot que dans une très grande usine allemande on disait à un ingénieur français en mission : « Vous autres Français êtes très intelligents; mais pourquoi choisissez-vous les incapables pour commander? »

*
* *

C'est par centaines que les ingénieurs de métier écrivent pour ou contre la théorie d'Einstein; quand c'est contre, ils ne manquent pas de proposer leur théorie de l'univers.

Que la théorie d'Einstein, à laquelle je ne comprends rien, intéresse un professeur, passe. Mais on rencontre dans l'industrie tant de problèmes passionnants, que je m'étonne qu'au lieu de chercher à les résoudre, on s'occupe de la courbure du monde. Faut-il conclure que nos ingénieurs renâclent devant le travail qu'exige la connaissance des phénomènes et préfèrent s'adonner en toute liberté à la déduction syllogistique?

Nos ingénieurs seraient-ils des taupins?

Le taupin remplaçant les faits par des symboles, plus condensé est le symbolisme, plus mal on en suit la signification concrète, plus le taupin est joyeux. Certes je trouve avantageux de nommer certaines opérations mathématiques usuelles; je suis même le premier en France qui, dans des ouvrages d'enseignement, ait introduit les mots *divergence d'un vecteur* ou *gradient d'une fonction scalaire*. Mais quand je rencontre ces quantités, immédiatement j'en rappelle l'expression avec les coordonnées usuelles, sachant que le symbolisme est une chose, la compréhension des symboles une autre très différente. Il est difficile d'obtenir que nos étudiants usent en connaissance de cause du symbolisme classique, vieux de plus de cent ans, dont la signification n'a rien de mystérieux, outil que le physicien doit manœuvrer comme le menuisier son rabot. Au surplus, quand il faut *calculer* les phénomènes, c'est-à-dire pousser le problème à bout, on est obligé d'y revenir. Le symbolisme classique a suffi non seulement à Laplace, à Lagrange, mais à Helmholtz et à Rayleigh; nos taupins le trouvent démodé.

Ils croient le calcul vectoriel plus *puissant;* en réalité il est plus capable de cacher les hypothèses, de transformer d'une manière complète la physique en un petit jeu de formules.

Il va de soi que le calcul vectoriel n'a jamais débrouillé un phénomène. A supposer qu'il permette de noircir moins de papier dans le développement de la série logique en sautant des intermédiaires, il est impuissant à nous apprendre ce qui se passe dans un trombone et une clarinette.

Vous trouvez ma plaisanterie de mauvais goût?

Un chaud partisan de la théorie d'Einstein m'écrivit un jour pour me demander quel profit l'Acoustique pouvait tirer de cette théorie. A quoi je répondis que le physicien qui étudierait une clarinette en pensant à Einstein, remplirait la définition de l'imbécile, qu'il ne suffit pas d'écrire *rot*, *vort*, *curl*, pour savoir quand le

phénomène est tourbillonnaire, à supposer que ces mots aient jamais représenté quoi que ce soit ayant un rapport quelconque avec les tourbillons réels.

Pour puissant que soit le symbolisme, il ne peut servir que pour la série logique : or c'est un fait troublant que si la science paraît très avancée dans l'étude des phénomènes que nous ne voyons pas, dont la cause est hypothétique, elle est dans un état lamentable pour les phénomènes acoustiques, plus généralement hydrodynamiques, où n'interviennent que des pressions, des mouvements que rien n'empêche de mesurer, dont la nature n'a rien de mystérieux, en tout cas qui n'ont que la portion de mystère inséparable d'un phénomène quelconque (notions d'espace et de temps).

Pour loger des faits dans une forme, encore est-il nécessaire de les connaître. Or dans toute la mécanique physique, où les faits sont directement accessibles, nous les ignorons avec une tranquillité, une incurie dont le taupin n'a même pas le soupçon.

Développer une théorie avant de savoir ce qu'il faut loger dedans, si cela ne fait de mal à personne, ne sert évidemment à rien. Certes de grands physiciens (Rayleigh par exemple) se sont amusés à cet exercice; au moins en connaissaient-ils la vanité : ils étaient les premiers à reconnaître *que ce n'était pas arrivé.* Mais le taupin ne souffre pas de la maladie du doute, alors même que l'expérience lui donne les plus mortifiants démentis. Il pose ses postulats au petit bonheur, puis déduit, déduit, déduit,... tant qu'il lui reste du papier!

Et nous continuons à ignorer pourquoi le fouet claque et pourquoi le diapason vibrant repousse ou attire un petit bout de papier suivant les conditions de l'expérience.

Les uns disent que mes livres sont d'une lecture très difficile, les autres que je suis incompétent en mathématiques. En effet je ne me sers que des algorithmes usuels sans m'inquiéter d'une rigueur inutile, mais je pousse mes calculs et mes discussions à bout. Je me garde d'un modernisme qui ne trompe personne, mais j'exige de mon lecteur qu'il *calcule* les phénomènes, ce qui pour le taupin est le dernier degré de la torture.

*
* *

Ainsi à tous ses échelons notre enseignement souffre de la maladie du *taupinisme,* caractérisée par l'abus du raisonnement déductif. Faut-il conclure que tous les Français sont idiots? Evidemment non. Si la maladie n'a pas fait des ravages trop profonds, le métier en cautérise les plaies. L'ingénieur, le professeur aperçoivent la sottise de leur éducation scientifique; ils réagissent, changent d'habitudes intellectuelles et redeviennent normaux.

D'aucuns n'attendent pas le métier pour guérir; exaspérés par l'enseignement dont on les assomme, ils ne s'acharnent pas à des examens qui exigent une abnégation dont ils sont incapables; ils tâchent de compenser par leur valeur personnelle des titres décernés à une soumission pour laquelle ils sont inaptes.

L'enseignement *normal* des facultés est leur refuge.

Je ne le crois pas à l'abri de tout reproche. En tout cas, notre système d'examens n'est pas abrutissant. Au moins en province nous connaissons nos élèves; nous les interrogeons; nous tenons la main à ce qu'ils viennent aux manipulations. Sans avoir la prétention de leur apprendre toute la science, quelques-uns d'entre nous s'efforcent de leur donner de bonnes habitudes intellectuelles.